

*SPIROERGOMETRISCHE VERLAUFSSTUDIE ÜBER DIE
LEISTUNGSFÄHIGKEIT JUGENDLICHER LANGLÄUFER*

EVA ZIEGLER

*Diss. München
1984*



Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 2014774



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554815_0077

Aus dem Institut für die Prophylaxe der Kreislaufkrankheiten
bei der Universität, Pettenkoferstrasse 9, 8000 München 2.
(Vorstand: Prof. Dr. med. G. Schiemert)

SPIROERGOMETRISCHE VERLAUFSSTUDIE ÜBER DIE
LEISTUNGSFÄHIGKEIT JUGENDLICHER LANGLÄUFER.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Eva Ziegler

aus

Bahnhofallee 12
8203 Oberaudorf

Jahr

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. H. Schwalb
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. G. Schiemert
Dekan:	Prof. Dr. med. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	16.2.1984

MEINER MUTTER GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. ZIELSETZUNG DER VORLIEGENDEN ARBEIT	2
III. UNTERSUCHUNGSGUT	3
IV. METHODIK	4
V. STATISTISCHE BERECHNUNG	7
VI. TABELLEN	8
VII. ERGEBNISSE	20
VIII. DISKUSSION	22
IX. ZUSAMMENFASSUNG	29
X. LITERATURVERZEICHNIS	

I. EINLEITUNG

Herz- und Kreislauffunktion jugendlicher Ausdauerleistungssportler ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, noch wenig erforscht worden. (ROSKAMM, REINDELL u.a., NÖCKER, BÖHLAU, MELLEROWICZ 16 - 19, 22 - 27).

Die Sportmedizin befaßt sich vorwiegend mit Aktiven im Erwachsenenalter. Es scheint jedoch nicht unwesentlich zu untersuchen, welche Rückwirkungen der Ausdauersport im Wachstumsalter auf Herz- und Kreislauffunktion hat, zumal heute der Leistungssport auch an Jugendliche erhebliche Anforderungen stellt.

Es stellt sich hierbei die Frage, ob bei Jugendlichen bereits die Voraussetzungen zum Leistungssport gegeben sind, denn es gibt nur wenige Sportarten, die nicht ein besonders leistungsfähiges cardiopulmonales System voraussetzen.

RUTENFRANZ (29) stellte fest, daß die Anpassung des Kreislaufs und der Atmung an Arbeit bei Jugendlichen und

Erwachsenen grundsätzlich über die gleichen Regulationsvorgänge erfolgt.

Da beim untrainierten Jugendlichen Herzkreislaufsystem und Lunge geringere Dimensionen aufweisen als beim Erwachsenen, werden durch die Aufnahme vom Leistungssport im Jugendalter Anpassungsvorgänge induziert.

Ein anderes Problem ist die Objektivierbarkeit der Methode. Durch die Wechselwirkung physischer und psychischer Faktoren wird die Objektivität der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit, insbesondere der maximalen Leistungsfähigkeit, beeinträchtigt. Für unsere Untersuchung wird dies am deutlichsten an der maximalen Pulsfrequenz. Mit Spitzen von 180 - 200 Pulsschlägen pro Minute waren unsere Probanden noch nicht an der absoluten Leistungsgrenze, doch zwangen andere Einflüsse zum Versuchsabbruch.

Das Studium muskulärer Leistungen enthält viele psychologische Probleme, wie z.B. Arbeitsmotivation, emotionelle Zustände und persönliche Charakteristika, erlebte Anstrengung und Ermüdung, Technik und Erlernung von Bewegungsabläufen, was beim Jugendlichen noch mehr zum Tragen kommt als beim Erwachsenen.

Außerdem werden wir vor die Frage gestellt, welche Bezugsgrößen wir zur Beurteilung spiroergometrischer Leistungsprüfungen verwenden sollen. Diese Problematik hat im Kindes- und Jugendalter insofern ihre besondere Bedeutung, als im Gegensatz zu Erwachsenen nicht nur Alters- und Trainingsunterschiede ins Gewicht fallen, sondern auch eine deutliche Abhängigkeit der ergometrischen Meßgrößen von Geschlecht, Körpermaßen und körperlicher Entwicklung besteht.

II. IN DIESER ARBEIT SOLL NUN UNTERSUCHT WERDEN:

Die Leistungsfähigkeit jugendlicher männlicher Langläufer im Alter zwischen 12 und 15 Jahren und einer zweiten Gruppe zwischen 16 und 19 Jahren sowie einer Gruppe weiblicher Langläufer im Vergleich zu nicht sporttreibenden Jugendlichen.

Der Einfluß des Körpergewichtes auf Herzvolumen und maximale Sauerstoffaufnahme.

Die Leistungsfähigkeit während verschiedener Trainingsperioden, nämlich der ersten Wettkampfperiode, der Trainingspause, der Vorbereitungszeit und der zweiten Wettkampfperiode, mit besonderem Gewicht auf ersten und vierten Untersuchungszeitpunkt.

Inwieweit lassen sich Leistungen am Spiroergometer in Leistungen in der Spezialdisziplin umsetzen.

III. UNTERSUCHUNGSGUT

Von mehreren untersuchten Jugendlichen kamen diejenigen 13 männlichen und 4 weiblichen Langläufer zur Auswertung, die während aller Perioden an der spiroergometrischen Untersuchung teilnahmen.

Die Gruppe der männlichen Jugendlichen wurde in zwei Untergruppen eingeteilt:

12 - 15 Jahre

16 - 19 Jahre

Alle Probanden betreiben seit 2 - 4 Jahren Langlauf als Leistungssport und gehören Vereinen der Stadt München und Umgebung an. Das Training absolvieren sie bis zu dreimal wöchentlich miteinander, mit Ausnahme der Trainingspause im Anschluß an die Wettkampfperiode. Je nach Jahreszeit setzt es sich zusammen aus Schneetraining und Konditionstraining bzw. Krafttraining in der Halle oder letzteres und Waldläufe, Radfahren oder ähnliches Ausdauertraining. Die Sportler nehmen an Wettkämpfen auf nationaler Ebene teil und ihre Erfolge reichen bis zur Bayerischen Meisterschaft der entsprechenden Altersklasse. Die Jugendlichen besuchen noch Schulen oder stehen in einem Ausbildungsverhältnis.

IV. METHODIK

Bei allen Probanden wurden das Körpergewicht und die Körpergröße bestimmt sowie eine röntgenologische Volumenbestimmung des Herzens, eine EKG-Untersuchung und eine spiographische und ergometrische Leistungsprüfung vorgenommen.

Die Volumenbestimmung des Herzens erfolgte durch Herrn Dr. EBERL. Es wurden eine kymographische Transversal- und Sagittalaufnahme vorgenommen. Die Auswertung erfolgte nach der Formel:

$$V = 0,32 \times l \times b \times t_{\max}$$

l = Längsdurchmesser

b = Breitendurchmesser

$t_{\max}$ = größter Tiefendurchmesser

Die Aufnahmen wurden im Liegen in Inspirationsstellung durchgeführt.

Die EKG-Untersuchung in Ruhe erfolgte mittels der Extremitätenableitungen (I,II,III), der aV-Ableitungen (aVL,aVR,aVF), der Brustwandableitungen nach Wilson (V_1 - V_6) und der Brustwandableitungen nach NEHB (D,A,J).

Das Belastungs-EKG, das wir unmittelbar vor Ende jeder Belastungsstufe schrieben, beschränkte sich auf die Ableitungen I,II,III, V_2 , V_4 und V_6 .

Die spiographischen und spiroergometrischen Untersuchungen wurden an einem Stoffwechselapparat nach KNIPPING (14) mit geschlossenem Kreislauf durchgeführt. Er besteht aus einem Spirometer, einer Pumpe, die 250 l Luft bzw. Sauerstoff pro Minute durch das System treibt, einem Kalkabsorber, der eine fast 100 %ige Auswaschung der Kohlensäure ermöglicht, einer Gesichtsmaske für den Probanden, einer Spirometerglocke, die die Volumenveränderung im System anzeigt und diese über einen Glaskapillarschreiber auf ein geeichtes Registrierpapier überträgt und einem O_2 -Stabilisator, der eine gleichmäßige Sauerstoffkonzentration der Systemluft garantiert. Der in dieses System eingeschaltete Proband entnimmt diesem ständig Sauerstoff. Die ausgeatmete

CO₂ wird praktisch quantitativ gebunden. Das Absinken der Spirometerglocke entspricht volumetrisch dem O₂-Verlust des Systems. Aus dem Anstieg der Atemkurve in der Zeiteinheit ergibt sich die vom Probanden aufgenommene O₂-Menge in ccm/min.

Als meßbare und reproduzierbare körperliche Arbeit wurde Tretkurbelarbeit im Sitzen geleistet.

Die Untersuchungen, die erste in der Wettkampfperiode, die zweite in der Trainingspause, die dritte in der Vorbereitungszeit zur neuen Wettkampfphase und die vierte genau nach einem Jahr zu Beginn der neuen Wettkampfperiode stattfindend, erfolgten am Vormittag.

Nach Messung der Körpergröße und des Körpergewichtes, des Blutdruckes im Liegen und Stehen, der Volumenbestimmung des Herzens und des Ruhe-EKGs wurde zuerst eine Ruhespirometrie vorgenommen, wobei O₂-Aufnahme, Atemzeitquotient, Vitalkapazität, der expiratorische Atemstoßtest nach TIFFENEAU und der Atemgrenzwert bestimmt wurden.

Sämtliche Probanden wurden dann nach dem "steady-state-Prinzip" einer stufenweise bis zur Leistungsgrenze gesteigerten Belastung untersucht, die mit 0,8 Watt pro kg Körpergewicht begann und zunächst um jeweils 0,8 Watt pro kg Körpergewicht gesteigert wurde. Wir wählten die kleinere Belastung 0,8 Watt pro kg Körpergewicht und nicht 1,0 Watt pro kg Körpergewicht, da bei den hohen Belastungsstufen, die unsere Sportler erreichten, mit einer Steigerung von nur jeweils 0,8 Watt pro kg Körpergewicht größere Leistungen erzielt werden konnten. So kam es bei mehreren Probanden, die versuchsweise parallel mit zuerst je 1 Watt pro kg Körpergewicht belastet wurden schon bei 3 Watt pro kg Körpergewicht zur Aufgabe, bei einer Belastung von je 0,8 Watt pro kg Körpergewicht erst bei 4 Watt pro kg Körpergewicht. Wenn der Langläufer kurz vor seiner Leistungsgrenze nicht mehr zur Steigerung um eine ganze Belastungsstufe zu motivieren war bzw. objektive Kriterien die Ausbelastung anzeigten, erhöhten wir um 0,4 Watt pro kg Körpergewicht.

Zum Begriff des "steady-state":

HILL (7) definierte den Begriff als Stabilität einer Funktion im Organismus.

Diese Stabilität galt als gegeben, wenn bei jeder Belastungsstufe die Werte für O₂-Aufnahme, Atemminutenvolumen und Pulsfrequenz für etwa drei Minuten einen konstanten Wert aufwiesen. Dies geschah nach etwa zwei Minuten der Anpassung an die jeweilige Belastungsstufe, so daß sich eine Belastungsdauer von 5 Minuten je Arbeitsstufe ergab.

Diese zeitliche Begrenzung des "steady-state", von BENGTSON (3) als "relatives steady-state" bezeichnet, ist nötig, da sonst die Ermüdungsprozesse schon auf geringen Belastungsstufen zum Abbruch der Arbeit führen würden. Man würde so über die vorhandenen Leistungsreserven keine Auskunft bekommen.

In unserem Fall ist die Abweichung vom üblichen Modus bei der Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme, die meist nach geringerem Belastungsmodus gemessen wird, berechtigt, da es sich hier um Ausdauersportler handelt, bei denen Maximalleistungen über sehr lange Zeit gefordert werden. Außerdem war geplant, auch andere Leistungskriterien in ihrer Aussagekraft bezüglich des Trainingszustandes vergleichend zu prüfen, z.B. den Sauerstoffpuls.

Bei unseren Versuchspersonen wurde die Arbeit in den meisten Fällen wegen Ermüdung eingestellt, die folgenden Kriterien der Ausbelastung wurden zur Überprüfung herangezogen. Als Gesichtspunkte der Leistungsgrenze bzw. der Ausbelastung können Pulsfrequenz und Atemäquivalent herangezogen werden, die in der Regel ausreichen, eine sichere Entscheidung hinsichtlich der Ausbelastung zu treffen. Verwendung findet zusätzlich der Anstiegsverlauf des Sauerstoffpulses und das Verhalten des respiratorischen Quotienten.

Eine Ausbelastung liegt vor: wenn die in maximaler Ergostase gemessene Pulsfrequenz die altersentsprechend geforderte Minimalgrenze überschritten hat; wenn das in maximaler Ergostase ermittelte Atemäquivalent die Maximalmittelwerte eines gleichwertigen Kollektives überschreitet. Zusätzlich, jedoch nicht gesetzmäßig: wenn die Anstiegskurve des Sauerstoffpulses mit zunehmender Belastung flacher wird, d.h. wenn sie eine Neigung zur Plateaubildung zeigt; wenn der respiratorische Quotient den Wert 1 erreicht oder überschreitet.

Nach Abbruch der Arbeit wurden nach einer Minute, drei Minuten und fünf Minuten ein EKG geschrieben und der Blutdruck gemessen.

V. STATISTISCHE BERECHNUNG

Berechnung der Mittelwerte:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v$$

wobei n die Anzahl der Versuchspersonen ist.

Da der Mittelwert allein niemals des Einblick in die Häufigkeitsverteilung geben kann, wurde die Streuung (mittlere quadratische Abweichung), der Einzelglieder innerhalb einer Reihe um ihren Mittelwert bestimmt. Hierdurch soll eine Vorstellung über die Variabilität der Untersuchungsreihe vermittelt werden.

Die mittlere quadratische Abweichung wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$s = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{v=1}^n (\bar{X} - x_v)^2}$$

VI. TABELLEN

Tabelle 1 Körperlänge (cm) der untersuchten Jugendsportler:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	166	168	171	172
	n	6	6	6	6
	s	6,3	6,3	6,2	5,9
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	177	178	178	179
	n	7	7	7	7
	s	4,5	5,2	5,1	5,3
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	159	160	161	162
	n	4	4	4	4
	s	7,3	7,2	6,1	6,1

Tabelle 2: Körpergewicht (kg) der untersuchten Jugendsportler:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	51,6	52,4	53,4	55,1
	n	6	6	6	6
	s	7,6	7,5	7,9	8,2
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	64,1	66,0	66,4	67,1
	n	7	7	7	7
	s	5,1	4,1	4,8	8,2
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	46,0	48,7	48,0	48,0
	n	4	4	4	4
	s	8,8	9,0	7,7	8,1

Körpergewicht einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 48,6$ kg

Gruppe 2: $\bar{X} = 65,0$ kg

Gruppe 3: $\bar{X} = 49,0$ kg

Tabelle 3: Die während der Leistungsprüfung erzielte maximale Herzfrequenz.

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	180	188	186	188
	n	6	6	6	6
	s	11,6	7,2	6,2	9,3
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	178	180	181	183
	n	7	7	7	7
	s	10,2	9,7	8,6	10,2
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	170	174	165	169
	n	4	4	4	4
	s	21,2	7,5	11,4	9,9

Maximale Herzfrequenz einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 181$

Gruppe 2 $\bar{X} = 189,5$

Gruppe 3 $\bar{X} = 166,2$

Tabelle 4: Die während der Leistungsprüfung erzielte maximale Sauerstoffaufnahme (ml):

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	2347	2427	2522	2893
	n	6	6	6	6
	s	443,2	640,5	547,1	638,8
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	3356	3324	3543	3835
	n	7	7	7	7
	s	577,5	421,7	396,0	480,4
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	1780	1793	1845	2187
	n	4	4	4	4
	s	362,3	291,3	165,2	249,5

Maximale Sauerstoffaufnahme einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 2255$

Gruppe 2: $\bar{X} = 3223$

Gruppe 3: $\bar{X} = 1460$

Tabelle 5: Die während der Leistungsprüfung erzielte maximale Sauerstoffaufnahme (ml) pro Körpergewicht (kg):

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	45,6	45,8	46,0	52,3
	n	6	6	6	6
	s	6,3	7,2	5,8	7,7
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	52,0	50,2	53,1	57,1
	n	7	7	7	7
	s	5,3	4,2	4,0	5,1
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	39,0	37,3	38,9	45,8
	n	4	4	4	4
	s	5,1	1,2	4,7	3,0

Maximale Sauerstoffaufnahme pro Körpergewicht einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{x} = 32,1$

Gruppe 2: $\bar{x} = 37,1$

Gruppe 3: $\bar{x} = 29,2$

Tabelle 6: Der während der Leistungsprüfung erzielte maximale Sauerstoffpuls:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	15,2	13,2	13,5	15,4
	n	6	6	6	6
	s	2,0	2,9	2,7	3,1
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	19,2	18,6	19,7	21,0
	n	7	7	7	7
	s	2,6	2,6	2,5	2,9
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	10,7	10,7	11,3	12,9
	n	4	4	4	4
	s	1,6	2,3	1,5	2,0

Maximaler Sauerstoffpuls einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 9,9$

Gruppe 2: $\bar{X} = 14,8$

Gruppe 3: $\bar{X} = 8,8$

Tabelle 7: Die während der Leistungsprüfung erzielte maximale Wattleistung pro Körpergewicht (kg):

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	2,3	3,4	2,7	2,9
	n	6	6	6	6
	s	0,6	0,5	0,5	0,4
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	3,9	3,8	4,1	4,2
	n	7	7	7	7
	s	0,5	0,5	0,4	0,2
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	2,5	2,8	3,0	3,2
	n	4	4	4	4
	s	0,5	0,3	0,4	0,3

Tabelle 8: Die während der Leistungsprüfung erzielte PWC_{170} = Physical Working Capacity (Watt pro kg Körpergewicht):

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	3,1	3,6	3,6	3,2
	n	6	6	6	6
	s	0,5	0,3	0,5	0,3
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	3,6	3,4	3,7	3,6
	n	7	7	7	7
	s	0,6	0,8	0,6	0,5
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	2,6	2,6	3,0	3,2
	n	4	4	4	4
	s	0,7	0,7	0,6	0,6

Tabelle 9: Das Herzvolumen (ml) der untersuchten Jugendsportler:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	691			679
	n	6			6
	s	138			133
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	799			803
	n	7			7
	s	115			95
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	515			569
	n	4			4
	s	112			110

Das Herzvolumen einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 560$

Gruppe 2: $\bar{X} = 744$

Gruppe 3: $\bar{X} = 542$

Tabelle 10: Das Herzvolumen (ml) pro Körpergewicht (kg) der untersuchten Jugendsportler:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	13,0			12,3
	n	6			6
	s	1,0			0,9
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	12,5			12,0
	n	7			7
	s	1,2			1,3
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	11,1			11,9
	n	4			4
	s	0,4			1,2

Tabelle 11: Der Herzvolumenleistungsquotient der untersuchten Jugendsportler:

Männliche Jugendliche					
Untersuchung		1	2	3	4
Gruppe 1 12-15 Jahre	$\bar{x}$	52,3			44,1
	n	6			6
	s	7,7			3,4
Gruppe 2 16-19 Jahre	$\bar{x}$	41,6			38,2
	n	7			7
	s	5,1			5,8
Weibliche Jugendliche					
Gruppe 3 12-18 Jahre	$\bar{x}$	48,1			44,1
	n	4			4
	s	3,2			5,8

Der Herzvolumenleistungsquotient einer Vergleichsgruppe von untrainierten Jugendlichen (REINDELL*):

Gruppe 1: $\bar{X} = 56,1$

Gruppe 2: $\bar{X} = 51,4$

Gruppe 3: $\bar{X} = 61,8$

*REINDELL, ROSKAMM, KÖNIG: Normalwerte in der Ergometrie.

VII. ERGEBNISSE

Tabelle 3 zeigt die während der Leistungsprüfung erzielte maximale Herzfrequenz. Ein Anspruch auf echte maximale Herzfrequenzwerte ist nicht zu erheben, da die von uns gewählten 5 Minuten pro Belastungsstufe hierzu eine zu lange Periode sind. Die 12 - 15 jährigen männlichen Jugendlichen erzielten höhere Maximalpulse als die 16 - 19 jährigen Probanden. Von der 1. zur 4. Untersuchung ergab sich ein Frequenzanstieg von 4,4 % in Gruppe 1, von 2,8 % in Gruppe 2. Die Mädchen hatten während maximaler Belastung niedrigere Frequenzen, von der 1. zur 4. Untersuchung ziemlich konstante Werte um 170 Pulsschläge pro Minute.

Verglichen mit einem Kollektiv von untrainierten Jugendlichen gleichen Alters (REINDELL 26) unterscheiden sich die Sportler nicht wesentlich, was aber auf oben erwähnte lange Belastungsstufen zurückzuführen ist.

Die Tabellen 4 und 5 beinhalten die absolute und relative Sauerstoffaufnahme pro kg. Die absolute maximale Sauerstoffaufnahme der jüngeren männlichen Probanden liegt um durchschnittlich 1000 ml über den Werten der 16 - 19 Jährigen; niedriger sind die Werte untrainierter Probanden. Über ein Trainingsjahr nimmt die Sauerstoffaufnahme in Gruppe 1 um 23,3 % zu, in Gruppe 2 um 14,3 % und bei den Sportlerinnen um 22,9 %.

Bezogen auf das Körpergewicht ist auch hier eine Steigerung von der 1. zur 4. Untersuchung von 14,7 %, 9,8 % und 17,4 % zu beobachten.

Betrachtet man die absolute Gewichtszunahme, die absolute Sauerstoffaufnahme und beide Größen in Beziehung zueinander, so ist die Steigerung über ein Jahr nicht nur durch Wachstums- bzw. Gewichtszunahme bedingt, sondern auch trainingsbedingt, also eine Leistungssteigerung.

Mit dem maximalen Sauerstoffpuls ist, wie sich im Vergleich zeigt, ein stetiger Anstieg mit dem Alter verbunden. Deutlich in allen Gruppen ist die Abweichung der Werte nach oben gegenüber denen der Untrainierten. Insgesamt sehen wir über ein Jahr in Gruppe 1 einen um 16,6 %, in Gruppe 2 einen um 9,4 % und in Gruppe 3 einen um 20,6 % höheren Wert. Betrachten wir die Untersuchungen im einzelnen, so wird deutlich, daß sich von der 1. bis zur 3. Untersuchung keine gravierenden Änderungen zeigen, die Stagnation vielleicht wachstumsbedingt ist, während von der 3. zur 4. Untersuchung eine deutliche Steigerung zu erkennen ist. Nach unserer Meinung handelt es sich um eine echte Leistungszunahme. Diese Steigerung

von der 3. zur 4. Leistungsprüfung, siehe Tabelle 4 und 5, führen wir auf ein besonders intensives Training vor der 4. Untersuchung, zeitlich korrelierend mit der Vorbereitung zur Wettkampfsaison, zurück.

Die Tabelle 7, die maximale Wattleistung, zeigt eine mit dem Alter einhergehende Zunahme. Von der 1. bis zur 4. Prüfung steigern sich kontinuierlich die 12 - 15 Jährigen um 18,2 %, die 16 - 19 Jährigen um 7,7 % und die Mädchen am deutlichsten um 28 %; vergleichbare Normalpersonen liegen weit unter den Werten unserer Sportler.

Die PWC_{170} (Tabelle 8) ändert sich in den einzelnen Gruppen während verschiedener Untersuchungen nicht gleichmäßig. Bei den 12 - 15 Jährigen beträgt der Anstieg von der 3. zur 4. Untersuchung ca. 6 %. Die Werte der Älteren blieben gleich. Demgegenüber steht bei den Mädchen eine Zunahme der Kapazität um ca. 22 %.

Die Abhängigkeit des Herzvolumens im Wachstumsalter (Tabelle 9) drückt sich in einem um 14,5 % größeren Herzvolumen der älteren Sportler aus, die Herzvolumina der Mädchen sind im Mittel um 37 % kleiner als die der männlichen Probanden. Im Vergleich zu Nichtsporttreibenden liegen die Werte unserer Langläufer höher. Über ein Jahr erwarten wir wegen des Ausdauertrainings bei den männlichen Jugendlichen keine Herzvolumenzunahme. Dagegen zeigen die Ergebnisse der Sportlerinnen eine Volumenzunahme, die sich dadurch erklären läßt, daß unsere Mädchen ein sehr intensives Training noch nicht so lange Zeit vor der 1. Untersuchung als die männlichen Probanden absolvierten. Bildet man aus dem Herzvolumen und dem Körpergewicht einen Quotienten zeigt sich, daß mit Ausnahme der Langläuferinnen das Verhältnis schlechter wird, da bei gleichem Herzvolumen das Körpergewicht steigt.

Der Quotient aus Herzvolumen und maximalem Sauerstoffpuls steht zur Beurteilung der Leistung im Mittelpunkt, da der Herzvolumenleistungsquotient zur Beurteilung der maximalen Leistung die besten Hinweise gibt.

Je kleiner dieser Quotient ist, desto günstiger ist die Arbeitsweise des Herzkreislaufsystems zu beurteilen.

Unsere Untersuchungen (Tabelle 11) zeigen eine Abnahme des Herzvolumenleistungsquotienten aller Gruppen um 18,5 % in Gruppe 1, um 8,9 % in Gruppe 2 und um 9,1 % in Gruppe 3.

VIII. DISKUSSION

Im ersten Teil der Diskussion stellen wir die Frage: wie gut trainiert sind unsere Probanden gegenüber gleichaltrigen untrainierten Normalpersonen und wie unterscheiden sich die jüngeren 12 - 15 jährigen Sportler in ihrer Leistungsfähigkeit von den 16 - 19 jährigen Probanden?

Als Parameter wählen wir die Werte, in denen sich die unterschiedliche Leistungsfähigkeit am deutlichsten ausdrückt, nämlich Herzfrequenz bei einer mittleren Belastungsstufe, maximale Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht, maximaler Sauerstoffpuls und Herzvolumenleistungsquotient.

Nach bestehenden Kenntnissen ist anzunehmen, daß die maximale Herzfrequenz von Jugendlichen unter 20 Jahren bei nahezu 200 Puls-schlägen pro Minute liegt (ASTRAND 2). Da während unserer Leistungsprüfung pro Belastungsstufe ein sehr langes Zeitintervall von 5 Minuten gewählt wurde, erheben wir keinen Anspruch auf maximale Herzfrequenzwerte, da schon vor Erreichen der maximalen Herzfrequenz andere Abbruchkriterien, wie Ermüdung der Muskulatur oder subjektive Erschöpfung, herangezogen werden mußten. Im Vergleich zu Untrainierten haben wir demzufolge keine gravierenden Frequenzunterschiede unter *vita maxima* Bedingungen.

Anders bei einer mittleren Belastungsstufe von 1,6 Watt pro kg Körpergewicht. Der Frequenz der Gruppe 1 von 125 Schlägen pro Minute stehen Durchschnittswerte von Untrainierten von 140 Schlägen pro Minute gegenüber. In der Gruppe 2 finden wir 114 Schläge pro Minute gegenüber 128 Schläge pro Minute und in der Gruppe 3 einen Wert von 133 Schlägen pro Minute gegenüber 143. Im submaximalen Bereich zeigt sich also, daß bezüglich der Herzfrequenz unsere Sportler wesentlich leistungsfähiger sind als Untrainierte.

Wie NÖCKER und BÖHLAU (23), BENGTSON (9) und MELLEROWICZ bzw. LERCHE (17) an Jugendlichen verschiedener Altersgruppen zeigten, bestätigt sich bei unserer Untersuchung eine Altersabnahme der maximalen und submaximalen Pulsfrequenzen.

Als maximalen Sauerstoffverbrauch nahmen wir den höchsten Wert, der während einer Maximalleistung bis zum subjektiven Erschöpfungsgefühl erzielt wurde. Da die Sauerstoffaufnahme in enger Korrelation zum Körpergewicht steht, und zwar in dem Sinne, daß mit steigender

Körpermasse im allgemeinen eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme erzielt werden kann, wählten wir diesen aussagekräftigen Parameter zum Vergleich. Deutlich höher fanden wir übereinstimmend mit ASTRAND (1), KELP (9) und VALENTIN (33) et al. die relative maximale Sauerstoffaufnahme unserer Sportler gegenüber Untrainierten: um ca 45 % bei Gruppe 1 und um 40 % bei Gruppe 2. Da sich das Körpergewicht der Normalpersonen von unseren Probanden in Gruppe 2 nicht und in Gruppe 1 kaum unterscheidet, ist unser Ergebnis eine wesentlich höhere relative Sauerstoffaufnahme der Sportler.

Den schon von HOLLMANN, VALENTIN und VENRATH (7) herausgefundenen Anstieg der Sauerstoffaufnahme bis zum Abschluß der Wachstumsperiode konnten wir bestätigen.

Der Sauerstoffpuls nach HENDERSON und PRINCE (6) bei submaximalen oder maximalen Leistungen ist eine Größe, die durch Errechnen derjenigen Sauerstoffmenge ermittelt wird, welche während einer bestimmten ergometrischen Leistung innerhalb einer ganzen Herzaktion aufgenommen und transportiert wird. Entsprechend den beiden oben erwähnten Parametern ergab sich eine Differenz zugunsten der Trainierten gegenüber den gleichaltrigen Normalpersonen von 40% höherem Sauerstoffpuls bei den 12 - 15 Jährigen, 33 % der 16 - 19 Jährigen und 30 % der weiblichen Jugendlichen. Bei zunehmender Sauerstoffaufnahme bis zur Beendigung des Wachstumsprozesses und kleiner werdenden Frequenz mit dem Alter muß der Sauerstoffpuls, wie ASTRAND (1) und BENGTSON (3) übereinstimmend mit unseren Ergebnissen feststellen, um so kleiner sein, je jünger der Jugendliche ist. MELLEROWICZ und DRESSLER (19), auch NÖCKER und BÖHLAU (22) kam zu gleichen Werten, wonach im Wachstumsalter bei beiden Geschlechtern ein stetiger Anstieg der durchschnittlichen maximalen Sauerstoffpulse erfolgt.

Der maximale Sauerstoffpuls steht in gesetzmäßiger Beziehung zum Herzvolumen wie REINDELL (26) und Mitarbeiter zeigen konnten. Er nimmt annähernd linear proportional zum Herzvolumen in Abhängigkeit vom Lebensalter zu. Ist schon das Herzvolumen der Trainierten besonders bei den männlichen Jugendlichen größer als das der Untrainierten, drückt sich die Leistung im wesentlich kleineren Herzvolumenleistungsquotienten der Sportler um 16 % der Gruppe 1, um 28 % der Gruppe 2 und um 34 % der Gruppe 3 noch besser aus. Der Quotient liegt bei unserem Kollektiv als Ausdruck einer besonders günstigen Beziehung

zwischen Herzvolumen und maximalem Sauerstoffpuls bei den älteren männlichen Jugendlichen mit durchschnittlich 40 am niedrigsten.

Zusammenfassend kamen wir durch den Vergleich einer submaximalen Herzfrequenz bei 1,6 Watt pro kg Körpergewicht, der maximalen Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht, des maximalen Sauerstoffpulses und des Herzvolumenleistungsquotienten unserer Probanden mit einem Kollektiv Untrainierter gleichen Alters und Geschlechts zu dem Ergebnis, daß unsere Sportler eine 30 - 40 % höhere Leistungsfähigkeit aufweisen.

Im zweiten Teil der Diskussion vergleichen wir die Ergebnisse, die wir in unseren vier Untersuchungen erzielten, untereinander mit besonderem Gewicht auf den Leistungszuwachs von der 1. zur 4. Prüfung. Die Untersuchungen würden, die gleichen Trainingsmethoden vorausgesetzt, keine Leistungssteigerung erwarten lassen, da sie zu Beginn der Wettkampfphase auf dem Höhepunkt der Leistung durchgeführt wurden. Nach Auskunft des Trainers wurde aber die Vorbereitung über ein Jahr intensiviert, z. B. durch häufigere Trainingseinheiten und leichtes Krafttraining, besonders in der Zeit vor der 4. Untersuchung. Alle in Tabelle 3 mit 11 aufgeführten Parameter sollen diskutiert werden, um die aussagekräftigsten herauszufinden und für die Leistung zu werten. Schließlich stellen wir noch die Frage: kann die Leistungsfähigkeit des Einzelnen in der ergometrischen Prüfung Auskunft darüber geben, ob das Training ausreichend ist und ob man eine Aussage über Eignung oder Erfolge in der speziellen Sportart, hier dem Langlauf, treffen kann?

Anhand welcher der von uns untersuchten Parameter läßt sich nun deutlich ein Leistungszuwachs über ein Jahr nachweisen, und drückt sich das besonders intensive Training vor der 4. Untersuchung in Werten aus?

Zuerst soll uns die Pulsfrequenz, der, wie vor Jahren, auch heute noch zur Leistungsbeurteilung und Gestaltung des Trainings Bedeutung zukommt, Aufschluß geben. HOLLMANN (7) und ROSKAMM (27) beobachteten ein Absinken der maximalen bzw. submaximalen Herzfrequenz bei gleicher Leistung nach einer bestimmten Zeit des Trainings, gingen aber im Gegensatz zu uns von einem untrainierten Kollektiv aus. Die maximalen Herzfrequenzwerte wollen wir zur Diskussion nicht verwenden, da unsere Sportler sich von der 1. zur 4. Untersuchung mehr und mehr an die Untersuchungsmethode gewöhnten und wir für die erste Untersuchung nicht

den Anspruch erheben, maximale Frequenzwerte erzielt zu haben. Möglich war es uns mit den submaximalen Herzfrequenzen zu beweisen, wie auch KEUL (11) behauptet, daß mit Zunahme der Ausdauerleistungsfähigkeit die Herzfrequenz sinkt. Die Werte bei 1,6 Watt pro kg Körpergewicht, einem mittleren Belastungsgrad, gingen über ein Jahr zurück; um 6 % bei den 12 - 15 jährigen männlichen Jugendlichen und jeweils um 3 % bei den 16 - 19 jährigen männlichen Probanden und den Mädchen.

Soll eine Leistungssteigerung mit Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme bewiesen werden, muß das Körpergewicht miteinbezogen werden, um auszuschließen, daß es sich nicht nur um eine wachstumsbedingte Steigerung handelt. Außerdem setzen wir voraus, daß sich der Belastungsgrad nicht so verändert hat, daß sich wegen dieser günstigeren äußeren Untersuchungsbedingungen die maximale Sauerstoffaufnahme erhöht. Wie verhält sich die maximale Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht? Das Gewicht nimmt in einer Gruppe nicht und in den anderen beiden Gruppen kaum zu, die maximale Sauerstoffaufnahme steigt gleichmäßig bei allen Probanden. Die maximale Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht in Gruppe 1 steigt über ein Jahr um 14,7 %, von der 3. zur 4. Untersuchung allein schon mit 11 %; in Gruppe 2 um 9,8 bzw. 7,5 % und in Gruppe 3 erst ab der 3. Prüfung um 17,4 %. Da die maximal erreichbare Sauerstoffaufnahme vom Trainingszustand abhängt, auch Untersuchungen von ROSKAMM (21) zeigen bei Ausdauersportlern nach einer bestimmten Dauer des Trainings einen hohen Zuwachs an maximalen Sauerstoffaufnahmewerten, heißt das, daß unsere Sportler im Laufe eines Jahres, besonders in der Zeit vor der 4. Leistungsprüfung, einen Leistungszuwachs erzielt haben.

Nach CERMAK et al. (4) wird der an dieser Stelle diskutierte Sauerstoffpuls als kennzeichnendes Kriterium für die Leistungsbreite des Kreislaufes gesehen. SZAKALL (31) behauptet, der Sauerstoffpuls verhält sich proportional zur Leistung. Wie aus der Zusammenstellung von Sauerstoffpulswerten von KÖNIG und Mitarbeitern (20,21) hervorgeht, ergibt sich bei vergleichbaren Jugendsportlern ein wesentlich höherer Sauerstoffpuls als bei Normalpersonen als Ausdruck der besseren Leistungsoekonomie, wobei Ausdauersportler die absolut höchsten Werte erreichen. Wenn also die Leistungsfähigkeit umso größer ist, je größer der Sauerstoffpuls des Jugendlichen während maximaler Leistung ist, bedeutet das über ein Jahr, bezogen auf unser Kollektiv eine Leistungssteigerung mit gravierendem Anstieg von der 3. zur 4. Untersuchung und eine Stagnation in der Trainingspause (2. Prüfung).

Die Steigerung liegt bei 16,6 % der jüngeren männlichen Jugendlichen, 9,4 % der 16 - 19 Jährigen und 20,6 % der Mädchen.

Die Bestimmung der PWC_{170} (physical working capacity) hat in Untersuchungen von RUTENFRANZ (28,29) an trainierenden Heranwachsenden in den letzten Jahrzehnten große Verbreitung gefunden. Auch wir haben anhand der PWC_{170} und ebenso der maximalen Wattleistung Leistung und Leistungssteigerung untersucht. Nach WAHLUND (34) gilt als Kriterium der Leistungsfähigkeit die Leistung in mkp pro Minute, die bei einer Pulsfrequenz von 170 ausgeführt werden kann. Bestätigt sich bei uns die Aussage, je größer die PWC_{170} ist, desto größer ist die Leistungsfähigkeit des Heranwachsenden?

Wir erzielten abweichende Ergebnisse von den konstanten Parametern Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffpuls, so daß wir die PWC_{170} zur Beurteilung der Leistungssteigerung ausklammern.

Für die Leistungsdiagnostik hat das Herzvolumen, röntgenologisch bestimmt, große Bedeutung erlangt. Es hat sich gezeigt, daß die besten ausdauertrainierten Athleten die größten Herzvolumina aufweisen. Andererseits kann, wenn auch selten, ein mäßig vergrößertes Herz Spitzenleistungen in Ausdauersportarten vollbringen. Je nach Dauer, Intensität, Umfang und Häufigkeit einer sportlichen Betätigung kommt es zu einer Zunahme des Herzvolumens. Ein Training, das auf den Erwerb von Ausdauer abzielt, führt im Rahmen konstitutioneller Möglichkeiten zur Vergrößerung des Herzens. Das Volumen des trainierten Herzens kann als Maßstab für die Ausdauerfähigkeit eines Sportlers gewertet werden, d. h. die positive Korrelation zwischen Herzvolumen und Leistungsfähigkeit in Ausdauersportarten ist sehr fest (ROSKAMM, REINDELL 27,10). Untersuchungen von SCHLEUSING und RIEGER (30) zeigten, daß sich das Herzvolumen bei Jugendlichen, die regelmäßig neben dem Schulsport Lauftraining absolvierten, mehr vergrößerte als bei Kindern, die nur am Schulsport teilnahmen. Die Untersuchungen der genannten Autoren unterscheiden sich darin von unseren, daß alle begannen ein Kollektiv von Normalpersonen zu trainieren und dann nach einem Jahr eine Herzvergrößerung messen konnten. Unsere Sportler waren bereits vortrainiert und wiesen schon in der 1. Untersuchung ein im Vergleich zu Normalpersonen wesentlich größeres Herzvolumen auf. Wir zitieren für unsere Probanden ein Ergebnis von ROSKAMM und Mitarbeitern (27): bei Zunahme der Belastungsintensität und der Dauer des Trainings kommt es zu einer Leistungssteigerung und

Verbesserung der Oekonomie der Herzarbeit, jedoch noch zu keiner weiteren Vergrößerung. Eine Ausnahme bilden unsere untersuchten Mädchen, die bei der 1. Untersuchung wesentlich weniger vortrainiert waren. Für sie gilt, was eingangs erwähnte Autoren zeigten, nämlich eine Herzvolumenvergrößerung nach Beginn intensiven Trainings. Die Ergebnisse unserer männlichen Jugendsportler lassen den Schluß zu, daß sich das Training entschieden auf die Peripherie ausgewirkt hat; sei es durch Kräftigung, Zuwachs oder besserer Kontraktilität der Muskulatur, größere Bewegungsoekonomie der motorischen Leistung oder größere Oekonomie des Kreislaufes und der Atemarbeit.

Die von KEUL, ROSKAMM und REINDELL (10) herausgefundene sehr enge Korrelation zwischen Herzvolumen und Körpergewicht bei Untrainierten steht einer kaum bestehenden Verbundenheit von Herzvolumen und Körpergewicht bei Trainierten gegenüber, besonders bei den Ausdauersportlern, was unsere Ergebnisse bestätigen. Das Verhältnis von Herzvolumen zu Körpergewicht unserer männlichen Jugendlichen wird schlechter, da bei gleichbleibendem Herzvolumen das Körpergewicht der Jüngeren leicht zunimmt.

Abschließend zu diesem Teil der Diskussion beurteilen wir: wie verhält sich der Herzvolumenleistungsquotient über ein Jahr? Er nimmt in Gruppe 1 um 18,5 % ab, in Gruppe 2 und Gruppe 3 um 9 %. Wir wissen, je kleiner der Quotient ist, umso günstiger ist die Arbeitsweise des Herzkreislaufsystems zu beurteilen. Die Ergebnisse mit einem Herzvolumenleistungsquotienten in Untersuchung 4 in Gruppe 1 und 3 von 44 und in Gruppe 2 um 40 sind gemäß dem ausgeübten Hochleistungssport sehr niedrig. Da trotz gleichen Herzvolumens sich in der 4. Untersuchung ein günstigerer Quotient ergibt, muß sich z. B. das Schlagvolumen erhöht haben, der Trainingszustand, wie schon erwähnt, in der Peripherie verbessert haben.

Als Zusammenfassung des zweiten Teiles der Diskussion führen wir die wichtigsten Erkenntnisse in Form einer Wertung, der für die Leistungssteigerung aussagekräftigsten Parameter auf:

Der maximale Sauerstoffpuls, besser noch die maximale Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht und der Herzvolumenleistungsquotient zeigen uns deutlich eine Leistungssteigerung der jugendlichen Langläufer über ein Jahr Beobachtungszeitraum. Das eingangs erwähnte verschärfte Training vor der 4. Prüfung spiegelt sich klar als Leistungssprung von der 3. zur 4. Untersuchung wider. Mit der Herzfrequenz läßt sich eine Aussage

bezüglich Leistungssteigerung unserer Probanden nur auf einer mittleren Belastungsstufe treffen, die maximalen Werte werden zu sehr durch äußere Einflüsse, z. B. den Untersuchungsmodus, beeinflusst. Die PWC₁₇₀ brachte keine verwertbaren Ergebnisse.

Im dritten Teil der Diskussion soll geprüft werden: inwieweit lassen sich Leistungen am Ergometer in Leistungen der wettkampfmäßig betriebenen Sportart umsetzen?

Es ist anzunehmen, daß man durch äußere Umstände keine absoluten Maximalwerte am Ergometer erzielen kann. Störend wirkt sich der ungewohnte Untersuchungsmodus aus. Durch Behinderung mit der Gesichtsmaske ist die natürliche Atemoekonomie etwas gehemmt, fehlende Motivation, was bei unseren Probanden nicht der Fall war, oder die psychische Alteration des Untersuchten durch die gesamte Untersuchungsmethodik stört. Das hinter dem Körperwachstum zurückstehende Herzwachstum unserer männlichen Probanden würde eigentlich einer Leistungsverbesserung, die wir erzielten, entgegenwirken, insbesondere während der wettkampfmäßigen Sportausübung. Deshalb muß sich die Steigerung am Ergometer nicht unbedingt in der tatsächlichen Steigerung im Wettkampf ausdrücken. Nach ULMERS (32) Arbeit, "Ergometrische Aspekte bei der Talentsuche im Sport", ist wenig über Regeln bekannt, nach denen die zukünftige Leistungsfähigkeit eines Probanden ermittelt werden kann. Die körperliche Leistungsfähigkeit setzt sich, nach Meinung des Autors, zum einen aus Begabung und zum anderen aus dem Trainingszustand zusammen. Zum zweiten Punkt ist zu sagen, daß mit kleiner Trainingsquantität ein großer Leistungszuwachs erreicht werden kann und mit großer Trainingsquantität nur ein relativ kleiner (MELLEROWICZ 16). Das bestätigt, daß gute Ergometerleistungen keine Prognose für eine Weiterentwicklung geben können.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zusammenhang mit dem Problem eines gezielten Trainings stellt sich sehr häufig die Frage, welche Rückwirkungen der Ausdauersport im Wachstumsalter auf Herz- und Kreislauffunktion hat, zumal heute der Leistungssport an Jugendliche erhebliche Anforderungen stellt.

Wir untersuchten in 4 Leistungsprüfungen anhand von spiroergometrisch erzielten Werten und röntgenologisch erhobenen Größen 13 männliche Langlaufleistungssportler und 4 weibliche im Alter zwischen 12 und 19 Jahren während verschiedener Trainingsabschnitte innerhalb eines Jahres. Mit den Parametern, submaximale Herzfrequenz, maximale Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht, Sauerstoffpuls und Herzvolumenleistungsquotient kamen wir zu dem Ergebnis, daß unsere Probanden eine 30 - 40 prozentige höhere Leistungsfähigkeit aufwiesen, ein überdurchschnittlich hoher Wert.

Nach einem Jahr zeigt die Zunahme des maximalen Sauerstoffpulses sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Herzvolumenleistungsquotient eine deutliche Leistungssteigerung mit besonderem Anstieg vor der 4. Untersuchung zu Beginn der Wettkampfphase. Während sich auf der Basis der Herzfrequenz bei submaximaler Belastung die Leistungssteigerung erkennen läßt, brachte die PWC_{170} diesbezüglich keine verwertbaren Ergebnisse. Die während des Beobachtungszeitraumes gleichbleibenden Herzvolumina machen deutlich, daß sich das Training überwiegend, wenn nicht ausschließlich auf die Peripherie ausgewirkt haben muß.

Die am Ergometer erzielten Leistungen lassen sich nicht in Leistungen der wettkampfmäßig betriebenen Sportart umsetzen. Es besteht keine enge Korrelation zwischen der Güte der ergometrischen Testergebnisse und der im Wettkampf tatsächlich erzielten Leistung.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Astrand, P. O.:
Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. E. Muncsgaard Copenhagen (1952).
2. Astrand, P. O.:
Sportphysiologie. Das medizinische Prisma 6 (1964).
3. Bengtsson, E.:
The working capacity in normal children, evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer and compared with adults. Acta med. Scand. 154, 91 (1956).
4. Cermak, J., Sprynarova, S., Parizkova, J.:
Rapport du volume cardiaque du pouls maximum d'oxygène, de la capacité aérobie et des indicateurs somatométriques chez les garçons de 11 ans. Premier Congrès Européen de médecine sportive. Praha (1963).
5. Christensen, E. H., Högborg, P.:
Physiology of skiing. Arbeitsphysiologie 14, 249 (1950).
6. Henderson, Y., Prince, A. L.:
The oxygen puls and the systolic discharge. Amer. J. Physiol. 35, 106 (1914).
7. Hill, A. V.:
Muscular Movement in Man. New York, Mc Graw-Hill (1927).
8. Hollmann, W.:
Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung. Darmstadt (1956).
9. Kelp, H.:
Die maximale Sauerstoffaufnahme bei jungen Frauen. Zeitschrift für Kreislaufforschung 49, 708 (1960).
10. Keul, J., Reindell, H., Roskamm, H.:
Zur Belastbarkeit des jugendlichen Organismus. Herzvolumen und Leistungsfähigkeit bei Jugendlichen nach langjähriger Trainingsbelastung. Int. Zeitschrift angew. Physiol. 19, 287 (1962).

11. Keul, J., Kindermann, W., Geritt, S.:
Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. Leistungssport, 8. Jahrgang, 1, 22 (1978).
12. Kirchhoff, H. W.:
Untersuchungen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit. Wehrdienst und Gesundheit, Bd. 4 Wehr- und Wissen- Verlagsgesellschaft Daimstadt (1962).
13. Kjellberg, A. R., Ruhde, U., Sjöstrand, T.:
The relation of the cardial volume to the weight and the surface area of the body, the blood volume and the physical capacity of work. Acta radiol. 31, 113 (1949).
14. Knipping, H. W., Bolt, W., Valentin, H., Venrath, H.:
Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken. Enke - Verlag, Stuttgart (1955).
15. Lythoge, R. J., Percira, J. R.:
The pulse rate and oxygen intake during the early stages of recovery from severe exercise. Proc. Roy. Soc. London 98, 468 (1925).
16. Mellerowicz, H.:
Ergometrie. Urban und Schwarzenberg. München - Berlin (1962).
17. Mellerowicz, H., Lerche, D.:
Ergometrische Untersuchungen zur Beurteilung der kardialen und körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Zeitschrift für Kinderheilkunde 81, 36 (1962).
18. Mellerowicz, H., Bordorf, H.:
Experimenteller Beitrag zur Frage des optimalen Trainingsmaßes für Mittelstreckenleistungen. Sportmedizin IX, 8 (1958).
19. Mellerowicz, H., Dressler, F.:
Atmung und Kreislauf gesunder Schulkinder bei einer submaximalen ergometrischen Leistung von 1 Watt pro kg Körpergewicht. Zschr. für Kinderheilkunde 85, 31 (1961).

20. Musshoff, K., Reindell, H., Stein, H., König, K.:
Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag (O_2 -Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arteriovenösen Differenz, des Minutenvolumens und des Herzvolumens. Zeitschrift für Kreislaufforschung 48, 255 (1959).
21. Musshoff, K., Reindell, H., König, K., Keul, J., Roskamm, H.:
Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 10 - 19 jährigen Kindern und Jugendlichen. I. Mitteilung. Arch. Kreislaufforschung 35, 12 (1961).
22. Nöcker, J., Böhlau, V.:
Leibesübungen und Gesundheitserziehung. Freiburg, Richard Tries Verlag (1954).
23. Nöcker, J., Böhlau, V.:
Der Sauerstoffpuls in Abhängigkeit vom Lebensalter. Verhandl. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung 24, 225 (1958).
24. Nöcker, J.:
Physiologie der Leibesübungen. Enke Verlag Stuttgart (1964).
25. Reindell, H.:
Untersuchungen an Menschen mit durchschnittlicher Leistungsbreite und an Hochleistungssportlern. I. Mitteilung. Dtsch. med. Wochenschrift 81, 592 (1966).
26. Reindell, H., Klepzig, Stein, H., Musshoff, K., Roskamm, H.:
Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport. Barth Verlag München (1960).
27. Roskamm, H., Reindell, H., Musshoff, K., König, K.:
Die Beziehung zwischen Herzgröße und Leistungsfähigkeit bei männlichen und weiblichen Sportlern im Vergleich zu männlichen und weiblichen Normalpersonen. Arch. für Kreislaufforsch. 35, 67 (1961).
28. Rutenfranz, J., Mocellin, R.:
Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. I. Mitt.: Bezugsgrößen und Normwerte. Zeitschr. Kinderheilk. (1975).

29. Rutenfranz, J.:
Die Eignung Jugendlicher zum Leistungssport. *Materia Medica Nordmark* (1968).
30. Schleusing, G., Rieger, H.:
Längsschnittuntersuchungen über die Wirkung des sportlichen Trainings auf den kindlichen Organismus vom 11. - 14. Lebensjahr. *Zeitschr. Altersforschung* 17, 258 (1964).
31. Szakall, A.:
Maximale Leistung und maximale Arbeit. *Arbeitsphysiologie* 13, 9 (1944).
32. Ulmer, H. V.:
Ergometrische Aspekte bei der Talentsuche im Sport. Ein rechnerisches Kriterium zur Bestimmung der Dauerleistungsgrenze. *Int. Zeitschr. angew. Physiologie* 27, 299 (1969).
33. Valentin, H., Ventrath, H., Mallinckrodt, H. V., Güraker, M.:
Die maximale Sauerstoffaufnahme in den verschiedenen Altersklassen. Eine praktisch wichtige Herz- Kreislauf- Funktionsprüfung im Vita-maxima Bereich. *Zeitschr. für Altersforschung* 9, 291 (1955).
34. Wahlund, H.:
Determination of the physical working capacity. *Acta med. scand.* 132, Suppl. 215, Zetterlund and Thelanders, Stockholm (1948).

Herrn Prof. H. Schwalb danke ich an dieser Stelle herzlich für die Überlassung des Themas und für die großzügige Unterstützung und Geduld, die mir hierfür zuteil wurde.

Dank gebührt auch Frau G. Meier, die mir in großzügiger Weise bei der Durchführung meiner Untersuchungen während der Zeit meiner Arbeit zur Seite stand.

LEBENS LAUF

Eva-Maria Ziegler

geb.	08. 06. 1956 in Oberaudorf
Vater:	Josef Ziegler, BB-Amtmann a. D.
Mutter:	Afra Ziegler, geb. Sedelmeier, Hausfrau
1962	Eintritt in die Volksschule Oberaudorf
1966	Staatliches Karolinengymnasium Rosenheim
1975	Allgemeine Hochschulreife
Nov. 1975	Beginn des Hochschulstudiums an der Ludwig Maximilians-Universität München
1977	Ärztliche Vorprüfung
1978	1. Staatsexamen
1980	2. Staatsexamen
1981	3. Staatsexamen und Approbation
April 1982-	Assistenzärztin in der Gyn-onk. Klinik Bad
Okt. 1983	Trissl im Tumorzentrum München

